

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Stahovák na pružiny osobního vozidla

Puller for Springs of a Personal Car

Student:

Lukáš Obzina

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Daniel Pišťáček, Ph.D.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra částí a mechanismů strojů

Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Obzina**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma: **Stahovák na pružiny osobního vozidla**
Puller for Springs of a Personal Car

Zásady pro vypracování:

Vypracujte konstrukční návrh montážního přípravku – stahováku na vinuté pružiny odpružení automobilu dle zadaných podmínek. Zpracujte přehled nabídky výrobků na trhu, základní návrhové a kontrolní výpočty zvoleného provedení stahováku, v přílohách výkres sestavy a vybraný výrobní výkres.

Zadané podmínky:

- možnost použití v omezeném prostoru blatníku vozidla
- průměr drátu pružiny max. 18 mm, stlačení pružiny max. 300 mm, max. zatížení 15000 N.

Seznam doporučené odborné literatury:

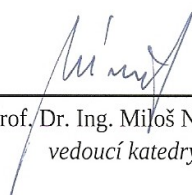
KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části spojovací*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. 91 s. Dotisk 1. vyd. 2008. ISBN 978-80-248-1290-8.
MORAVEC, Vladimír, HAVLÍK, Jiří. *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2005. 72 s. ISBN 80-248-0878-1.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Daniel Pišťáček, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013


prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry

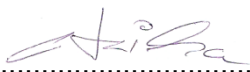



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 20. května 2013


.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 20. května 2013


.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Lukáš Obzina

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Lipovská 1163, Jeseník 79001

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

OBZINA, L. *Stahovák na pružiny osobního vozidla : bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2013, 37 s. Vedoucí práce: Pišťáček, D.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem montážního přípravku na stahování vinuté pružiny odpružení osobního vozidla. Je třeba provést základní návrhové a kontrolní výpočty zvoleného provedení stahováku dle zadaných podmínek. Dále také možnost využití stahováku v omezeném prostoru blatníku vozidla.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

OBZINA, L. *Puller for Springs of a Personal Car : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Department of mechanisms and machine parts, 2013, 37 p. Thesis head: Pišťáček, D.

The Bachelor thesis looks at the structural design of a passenger car springing coil spring compressor holding jig. Basic design and checking calculations of the chosen spring compressor design must be made in accordance with given conditions. Also the possibility of its use in confined space of vehicles' wings must be considered.

Obsah

	strana
Seznam použitých značek a symbolů.....	8
0 Úvod	10
1 Přehled výrobků na trhu	11
1.1 Mobilní stahováky	11
1.1.1 Mobilní stahováky mechanické.....	11
1.1.2 Mobilní stahováky talířové.....	12
1.1.3 Mobilní stahováky hydraulické.....	13
1.2 Stojanové stahováky	14
1.2.1 Stojanové stahováky hydraulické stacionární	14
1.2.2 Stojanové stahováky pneumatické stacionární	16
1.2.3 Stojanový stahovák mechanický stacionární	17
1.2.4 Stojanový stahovák pružin- mobilní.....	18
1.3 Cíle práce.....	19
2 Řešená problematika	20
2.1 Volba pohybového šroubu.....	20
2.1.1 Volba materiálu pohybového šroubu	21
2.1.2 Výpočet rozměrů šroubu	21
2.1.3 Výpočet utahovacího momentu	23
2.1.4 Výpočet redukovaného napětí dle HMM bez přídavného ohybového napětí	23
2.1.5 Výpočet utahovacího momentu po rozložení síly.....	25
2.1.6 Výpočet redukovaného napětí dle HMM s přídavným ohybovým napětím	25
2.1.7 Účinnost šroubové vazby	26
2.2 Návrh délky páky pro manipulaci se stahovákem.....	27
2.3 Návrh matice (ramene) stahováku	28
2.3.1 Volba materiálu ramene	28
2.3.2 Výpočet potřebné výšky matice	28
2.3.3 Návrh a kontrola rozměrů ramene stahováku	30
2.4 Omezený prostor mezi blatníkem vozidla.....	32

2.5 Porovnání výsledků s MKP	33
3 Závěr.....	34
4 Seznam použité literatury	35

Seznam použitých značek a symbolů

Symbol	Význam	Jednotka
D_1	Malý průměr závitu	[mm]
F	Síla působící na rameno stahováku od pružiny	[N]
F_{MAX}	Maximální síla lidské paže	[N]
F_s	Síla působící na šroub	[N]
H_1	Nosná hloubka závitu	[mm]
L	Délka stlačení pružiny	[mm]
L_p	Délka ramene páky	[mm]
M_k	Utahovací moment	[Nmm]
M_o	Ohybový moment	[Nmm]
M_{tz}	Moment tření v závitu	[Nmm]
P	Rozteč šroubu	[mm]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
R_m	Mez pevnosti	[MPa]
W_k	Modul odporu průřezu v krutu	[mm ³]
W_o	Modul odporu průřezu v ohybu	[mm ³]
$b_{1,2,3}$	Šířka jednotlivých řezu	[mm]
d	Jmenovitý průměr závitu šroubu	[mm]
d_t	Průměr drátu šroubu	[mm]
d_2	Střední průměr závitu šroubu	[mm]
d_3	Malý průměr závitu šroubu	[mm]
f_z	Součinitel tření v závitu	[-]
h	Výška matice	[mm]
$h_{1,2,3}$	Výška jednotlivých řezů	[mm]
i	Počet matic na šroubu	[-]
k_s	Součinitel statické bezpečnosti	[-]
l	Rameno přídavného ohybového napětí	[mm]
$l_{1,2,3}$	Vzdálenost kontrolovaných řezů	[mm]
p_D	Dovolený měrný tlak	[MPa]
x	Vyhnutí stahováku	[mm]
z	Počet závitů matice	[-]
α	Úhel profilu závitu	[°]
β	Součinitel neznámého krutu	[-]
φ'	Třecí redukovaný úhel	[°]

η_s	Účinnost šroubového spoje	[-]
σ_D	Dovolené ohybové napětí	[MPa]
σ_o	Ohybové napětí	[MPa]
σ_t	Tahové napětí	[MPa]
σ_{red}	Redukované napětí	[MPa]
τ	Smykové napětí	[MPa]
ψ	Stoupání závitu	[°]

0 Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem přípravku - stahováku na vinuté pružiny odpružení osobního vozidla. Technický vývoj odpružení vozidel si vyžaduje novodobé řešení pro snadnější výměnu tlumičů, pružin. Při výměně se používá tento přípravek ke stlačování vinuté pružiny, na tolik aby došlo k vysazení pružiny z misek a mohl se dále tlumič rozebrat. Nabídka stahováku je velice rozmanitá. Objevuje se mnoho přípravků dle typu nápravy, vozidla, konstrukce či použití media. Tento návrh řeší i omezený prostor mezi blatníkem, vhodným typem konstrukce stahováku bez použití přídavného média. Díky tomu je stahovák praktický a je možné ho použít i doma v garáži.

1 Přehled výrobků na trhu

Základním faktorem při výběru přípravku na stahování vinuté pružiny je správná volba typu konstrukce stahováku. Na trhu se objevují stahováky příruční mobilní či stojanové. Proto je třeba si uvědomit, kde bude tento přípravek používán z hlediska prostoru dílny. Další důležitý faktor je, na jaký typ vozidla bude tento přípravek používán. Jedná-li se o vozidlo osobní či nákladní anebo motocykl. Pro usnadnění práce při výměně tlumičů, pružin jsou k dispozici hydraulické, pneumatické nebo elektrické stahováky pružin.

1.1 Mobilní stahováky

Tento typ stahováku je možné použít vně i mimo vozidlo. Tudíž je zajištěna flexibilita přípravku. Dále se rozděluje podle použití média ke stlačování pružiny. Jejich pořizovací ceny jsou menší oproti stojanovému typu provedení.

1.1.1 Mobilní stahováky mechanické

Jedná se o jednoduchou konstrukci provedení tohoto stahovacího zařízení. Pořizovací cena přípravku je nejnižší na trhu. Skládá se z pohyblivého šroubu a dvou ramen, přičemž jedno z nich má opačný směr stoupání závitu a tím je zajištěno stlačování pružiny. Je vysoce praktické a má velkou škálu použití, na jakýkoliv typ nápravy.

Stahovák vinutých pružin

Tuto konstrukci přenosného stahováku lze použít i v omezeném prostoru blatníku. Posuv čelistí je 90 – 370 mm. Je vyroben z kvalitní Cr-V oceli. Lze jej zakoupit v internetovém obchodě [1].



Obr. 1.1 Mobilní stahovák mechanický [1]

Univerzální stahovák pružin USP 1000

Nosné čelisti jsou vyrobeny z celistvého kusu, bez svaru. Tento typ je opatřen pomocnou čelistí, která brání sesmeknutí stahováku z pružiny. Je vyráběn s ohledem na maximální tuhost a trvanlivost. Bezpečnost obsluhy je zajištěna a ověřována atestem. Je určen pro všechny typy pružin s průměrem drátu 8 – 16 mm.



Obr. 1.2 Univerzální stahovák pružin [2]

1.1.2 Mobilní stahováky talířové

Talířové stahováky jsou omezeny pouze na vozy typu Mercedes.



Obr. 1.2 Mobilní stahovák talířový [3]

1.1.3 Mobilní stahovák hydraulický

Hydraulické stahovákys jsou používány na výměnu pružin či tlumičů McPherson. Lze je používat přímo na vozidle, ale i mimo něj. Stlačování pružiny dochází pomocí hydraulického pístu na ruční pohon, a proto není potřebné vynaložit velkou lidskou sílu. Jelikož se jedná o složitější provedení konstrukce, tak i pořizovací cena je větší než u mechanického mobilního stahováku. Využívají se převážně v dílnách, které toto zařízení potřebují pravidelně používat.



Obr. 1.3 Mobilní stahovák hydraulický [4]

Hydraulický stahovák pružin typu T02, jehož hydraulická síla činí 1 tunu. V uvolněném stavu má vzdálenost čelistí 215 mm a při maximálním stlačení 105 mm. Tímto zařízením je možné stlačovat pružiny osobních a lehkých nákladních vozidel.

1.2 Stojanové stahováky

Stojanové stahováky obsahují pomocné médium, které s minimální ovládací silou vyvine dostatečnou tlačnou sílu pro stlačení pružiny. Existují i stojanové ruční stahováky (mechanické), které se dělí se na stacionární a mobilní, podle používaného média. Nevýhodou těchto zařízení jsou rozměry. Z tohoto důvodu a vyšší pořizovací ceny jsou využívány převážně ve větších autoservisech. Ke stlačování pružiny dochází pouze mimo vozidlo. Používají se na osobní a lehké nákladní vozy.

1.2.1 Stojanové stahováky hydraulické stacionární

Stojanové hydraulické stahováky jsou vyráběny z masivních profilů. Slouží k výměně pružin či tlumičů McPherson mimo vozidlo. Pružina je stlačována hydraulickým pístem na nožní pohon. Použitím hydraulického stahováku je zajištěna rychlost a bezpečnost práce. Ušetří až 50 % času oproti manipulaci s mechanickými přípravky. Použití je velice jednoduché a bezpečné.

Hydraulický stahovák pružin BTCJ

Přednastavené čelisti hydraulického stahováku lze upravit na jakýkoli typ pružiny či tlumiče. Tudíž není omezen pouze na pružiny a tlumiče typu McPherson. Toto zařízení vyvine zatížení až 4 tuny. Ovládání je na nožní pohon. Maximální průměr pružiny je 400 mm. Pracovní rozsah zařízení je od 210 mm do 570 mm.



Obr. 1.4 Hydraulický stahovák pružin BTCJ [5]

Hydraulický stlačovač pružin stojanový- Automotive

Jak u předešlého hydraulického stahováku BTCJ, tak i u tohoto typu lze nastavit čelisti na jakoukoliv pružinu či tlumič. Toto zařízení pracuje pomocí nožního pohonu a dokáže vyvinout tlačnou sílu až 4 tuny. Je vyroben z masivních profilů. Maximální průměr pružiny je 400 mm.



Obr. 1.5 Hydraulický stlačovač stojanový- Automotive [6]

1.2.2 Stojanové stahovaky pneumatické stacionární

Využívá stlačeného vzduchu jako pomocného média. Jelikož zařízení není vybaveno vlastním kompresorem, je nutné mít přívod stlačeného vzduchu z jiného zdroje. Maximální tlačná síla je pouhých 960 kilogramů a používá se pouze na tlumiče a pružiny typu McPherson.



Obr. 1.6 Pneumatický stahovák pružin stojanový [7]

1.2.3 Stojanový stahovák mechanický stacionární

Jedná se o univerzální stahovací zařízení všech druhů pružin. Využívá otáčení pohybového šroubu k posuvu pojezdného ramene, a tím dochází ke stlačování pružiny. Dokáže vyvinout maximální tlačnou sílu až 3,6 tun a může být používán pro stlačování pružin osobních, tak i lehkých nákladních vozů.



Obr. 1.7 Mechanický stahovák pružin stojanový typu TF H100 [8]

1.2.4 Stojanový stahovák pružin- mobilní

Mobilní jednotkou mezi sloupovými stahováky se stává elektrický zvedák IKOTEC 3000, univerzální zvedák, na který lze dokoupit příslušenství pro stlačování pružin. Díky své skladnosti a mobilitě se stává žádoucí pro řadu autoservisů, dokonce i v motosportu. Má spoustu příslušenství, pomocí něhož se dá předělat na další potřebné vybavení. Zastává až 10 funkcí, mezi které patří i stahovák na pružiny.



Obr. 1.8 Sloupový zvedák IKOTEC 3000 [9]



Obr. 1.9 Příslušenství pro IKOTEC 3000 na stahování pružin [10]

1.3 Cíle práce

- Konstrukční návrh zvoleného provedení stahováku pro využití v omezeném prostoru blatníku a průměr drátu pružiny $d_t = 18 \text{ mm}$.
- Návrhové a kontrolní výpočty pro zatížení od stlačení pružiny silou $F = 15000 \text{ N}$.
- Navržení délky šroubu pro stlačení pružiny $L = 300 \text{ mm}$.

2 Řešená problematika

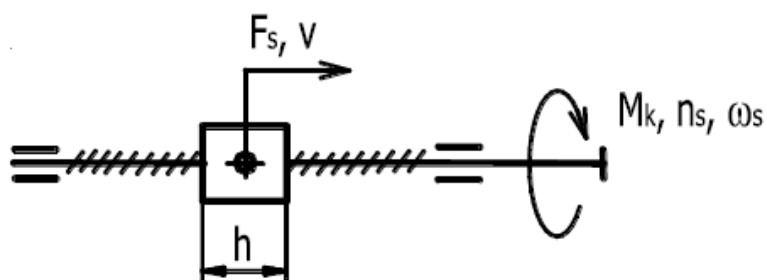
Při zadání počáteční podmínky použití v omezeném prostoru, bylo zřejmé využití mobilního mechanického stahováku, který je znázorněn na obrázku 2.1. Návrhovými a kontrolními výpočty je zvolen předběžný průměr pohybového šroubu tak, aby vydržel zatížení od maximální síly působící od pružiny. Pomocí výpočtů byly navrženy rozměry ramen stahováku, a také zkontrolovány na maximální ohybové napětí.



Obr. 2.1 Zvolený typ stahováku

2.1 Volba pohybového šroubu

Jelikož jde o pohybový šroub, bude volen lichoběžníkový rovnoramenný závit. Jedná se o konstrukční uspořádání, kde šroub se otáčí na místě a matice se posouvá. Přičemž bude docházet ke stlačování pružiny pomocí druhé matice s opačným směrem stoupání závitu.



Obr. 2.2 Schéma pohybového šroubu [11]

2.1.1 Volba materiálu pohybového šroubu

Při volbě materiálu pohybového šroubu je nutné přihlížet k vysoké hodnotě síly působící od stlačení pružiny. Z tohoto hlediska je nutné volit typ materiálu s vyšší mezí kluzu a to nízkolegovanou ocel 15 230.7 dle ČSN EN 10020.

Mechanické vlastnosti oceli:

- $R_e = 835$ [MPa]
- $R_m = 1000$ [MPa]
- třída odpadu 035 [-]

2.1.2 Výpočet rozměrů šroubu

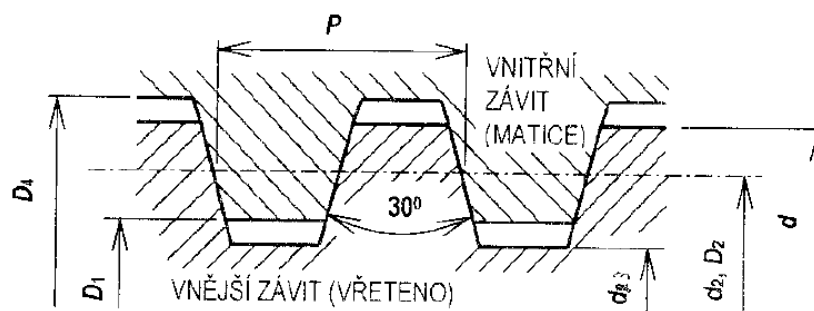
Pro výpočet předběžného malého průměru závitu se vychází z meze kluzu materiálu $R_e = 835$ MPa. Bezpečnost je volena vyšší a to $k = 5$. Součinitel zohledňující zatím neznámý vliv krutu je $\beta = 1,4$.

$$d'_3 \geq 2 * \sqrt{\frac{\beta * k * F_s}{\pi * R_e}} \geq 2 * \sqrt{\frac{1,4 * 5 * 15000}{\pi * 835}} \geq 12,65 \text{ [mm]} \quad (2.1)$$

Po vypočtení předběžného malého průměru závitu je pomocí strojnických tabulek [12] určen typ závitu Tr 22x5 ČSN 01 4050.

Rozměry závitu:

- $d = 22$ [mm]
- $d_3 = 16,5$ [mm]
- $d_2 = 19,5$ [mm]
- $D_1 = 17$ [mm]
- $P = 5$ [mm]
- $\alpha = 30^\circ$



Obr. 2.3 Profil lichoběžníkového závitu rovnoramenného [13]

Součinitel smykového tření v závitu $f_z = 0,18$ volen s tabulky 2.1 pro neupravený povrch šroubu i matice, mazané olejem.

Tab. 2.1 Součinitel smykového tření f_z [13]

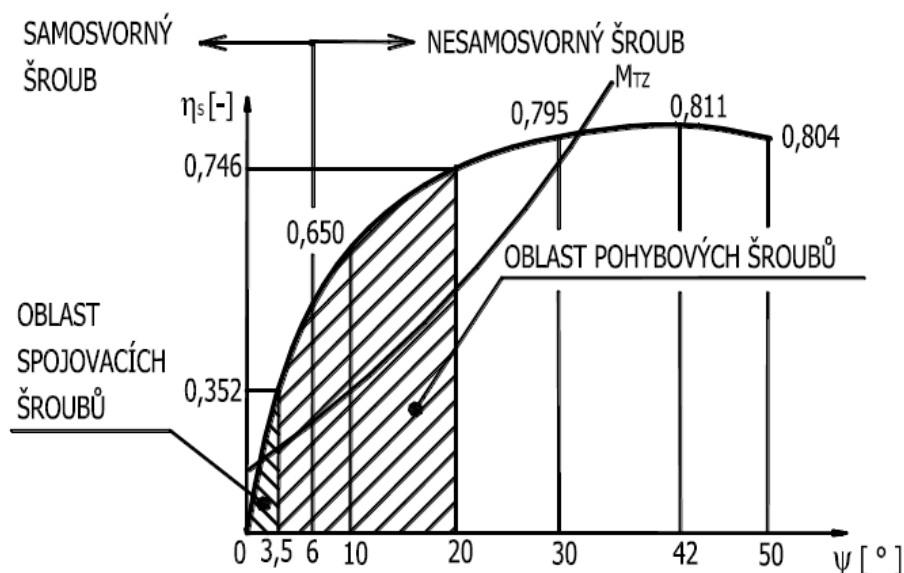
Povrch matice	Povrch šroubu	Součinitel tření na závitu f_z u závitů:		
		nemazaných	mazaných olejem	mazaných MoS ₂
neupravený	neupravený	0,19...0,36	0,16...0,24	0,12...0,18
	fosfátovaný	0,28...0,40	0,17...0,30	0,13...0,17
	černěný	0,27...0,36	0,25...0,28	0,16...0,23
	zinkovaný	0,13...0,22	0,13...0,18	0,11...0,16
	kadmiový	0,10...0,18	0,10...0,17	0,13...0,17
zinkovaný	zinkovaný	0,21...0,43	0,11...0,17	0,10...0,13
kadmiový	kadmiový	0,15...0,38	0,10...0,17	0,10...0,13

Výpočet úhlu stoupání ψ a třecího úhlu φ' :

$$\operatorname{tg} \Psi = \frac{P}{\pi \cdot d_2} = \frac{5}{\pi \cdot 19,5} = 0,0082 \rightarrow \Psi = 4,67 [^\circ] \quad (2.2)$$

$$\operatorname{tg} \varphi' = \frac{f_z}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{0,18}{\cos\left(\frac{30}{2}\right)} = 0,186 \rightarrow \varphi' = 10,6 [^\circ] \quad (2.3)$$

Z podmínky $\psi \leq \varphi'$ je zjištěno, že se jedná o samosvorný šroub. Což je i znázorněno na obrázku 2.4 při vypočtení šroubové účinnosti η_s ze vztahu (2.17).



Obr. 2.4 Závislost účinnosti šroubové vazby na úhlu stoupání [11]

2.1.3 Výpočet utahovacího momentu

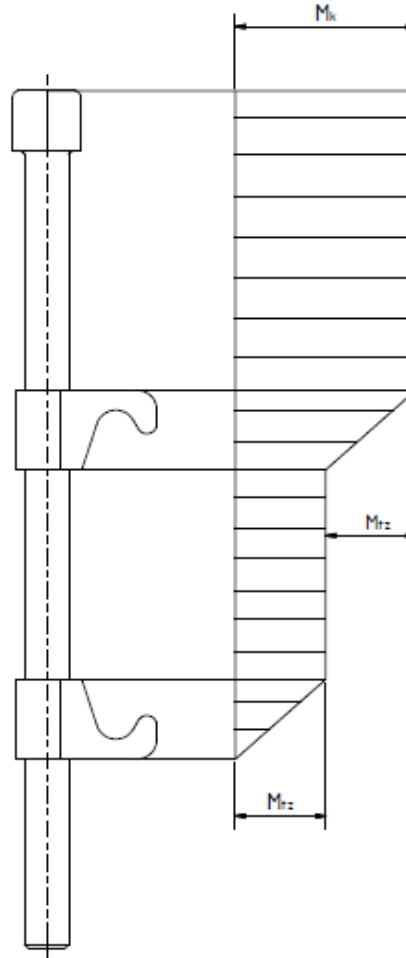
Před výpočtem potřebného utahovacího momentu, který zajistí stáhnutí pružiny, musí být znám moment tření v závitě šroubu M_{tz} a určuje ho vztah (2.4).

$$M_{tz} = F_s * \operatorname{tg}(\psi + \varphi') * \frac{d_2}{2} = 15000 * \operatorname{tg}(4,67 + 10,6) * \frac{19,5}{2} = 39927,18 \text{ [Nmm]} \quad (2.4)$$

Potřebný utahovací moment je potom určen ze vztahu (2.5).

$$M_k = i * M_{tz} = 2 * 39927,18 = 79854,35 \text{ [Nmm]} \quad (2.5)$$

i ... počet matic na šroubu



Obr. 2.5 Průběh utahovacího momentu stahováku

2.1.4 Výpočet redukovaného napětí dle HMH bez přídatného ohybového napětí

Ke zjištění redukovaného napětí a výsledné bezpečnosti je potřebné znát tahové napětí σ_t určené ze vztahu (2.6) a napětí v krutu τ .

Výpočet napětí v tahu:

$$\sigma_t = \frac{F_s}{\pi * \left(\frac{d_3}{2}\right)^3} = \frac{15000}{\pi * \left(\frac{16,5}{2}\right)^3} = 70,15 \text{ [MPa]} \quad (2.6)$$

Výpočet napětí v krutu:

$$\tau = \frac{M_k}{W_k} = \frac{79854,35}{\frac{\pi * d_3^3}{16}} = \frac{79854,35}{\frac{\pi * 16,5^3}{16}} = 90,54 \text{ [MPa]} \quad (2.7)$$

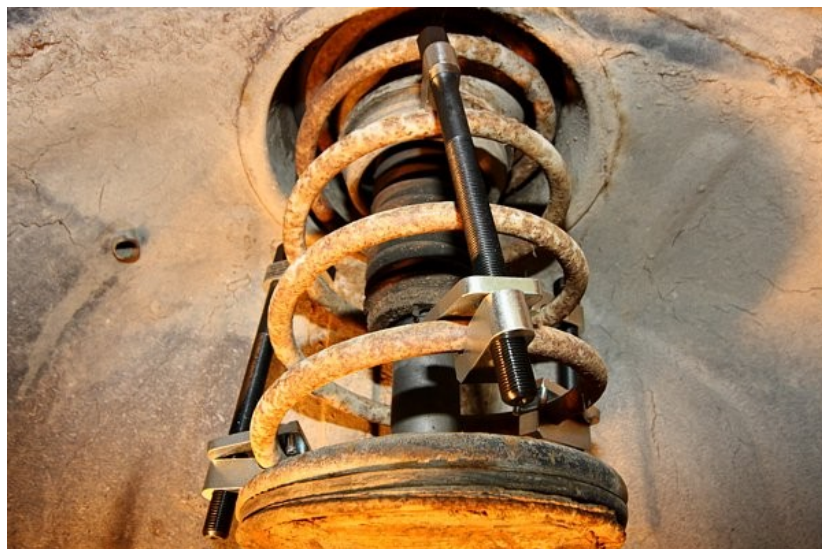
Výpočet redukovaného napětí dle HMM:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_t^2 + 3 * \tau^2} = \sqrt{70,15^2 + 3 * 90,54^2} = 171,79 \text{ [MPa]} \quad (2.8)$$

Výpočet součinitele statické bezpečnosti stahováku:

$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_{red}} = \frac{835}{171,79} = 4,9 > 3[-] \quad (2.9)$$

Bez ohledu na přídavné ohybové napětí se výsledná bezpečnost dostala do mezních hodnot intervalu 3÷7 vyjádřená ze vztahu (2.9). Po zahrnutí přídavného ohybového napětí je výsledná bezpečnost pod limitní hodnotou 1,5. Z toho důvodu bude zapotřebí použití tří takto provedených přípravků na stahování vinuté pružiny pro překonání síly působící od pružiny, aby byla dosažena dostatečná bezpečnost. Přípravky se nasadí kolem vinuté pružiny po 120°, což je znázorněno na obrázku 2.6. Síla se tedy rozloží mezi jednotlivá ramena a sníží se zatížení. Při stahování bude důležité utahovat každý přípravek souměrně, aby nedošlo k přetížení jednotlivého stahováku. Rozměry šroubu budou zachovány pro zatížení $F_s = 15000 \text{ N}$.



Obr. 2.6 Použití tří přípravků na stahování [14]

2.1.5 Výpočet utahovacího momentu po rozložení síly

Při rozložení síly bude působit na stahovák pouze třetina původní síly a sníží se zároveň potřebný utahovací moment. Proto nebude potřebné vyvíjet velkou fyzickou sílu pro stlačování pružiny. Výsledný moment tření v závitě určuje níže uvedený vztah (2.10).

$$M_{tz} = \frac{F_s}{3} * \operatorname{tg}(\psi + \varphi') * \frac{d_2}{2} = \frac{15000}{3} * \operatorname{tg}(4,67 + 10,6) * \frac{19,5}{2} = 13309,05 \text{ [Nmm]} \quad (2.10)$$

Ze vztahu (2.11) je dále určen výsledný utahovací moment. Jeho hodnota nabývá třetinu původního utahovacího momentu určeného ze vztahu (2.5).

$$M_k = i * M_{tz} = 2 * 13309,05 = 26618,12 \text{ [Nmm]} \quad (2.11)$$

2.1.6 Výpočet redukovaného napětí dle HMM s přídatným ohybovým napětím

Do výpočtu výsledné bezpečnosti bude zahrnuto přídatné ohybové napětí působící na šroub určené vztahem (2.14). Při rozložení síly je nutné přepočítat i dílčí napětí v krutu a tahu.

Výpočet napětí v tahu:

$$\sigma_t = \frac{\frac{F_s}{3}}{\pi * \left(\frac{d_3}{2}\right)^3} = \frac{\frac{15000}{3}}{\pi * \left(\frac{16,5}{2}\right)^3} = 23,38 \text{ [MPa]} \quad (2.12)$$

Výpočet napětí v krutu:

$$\tau = \frac{M_k}{W_k} = \frac{M_k}{\frac{\pi * d_3^3}{16}} = \frac{26618,12}{\frac{\pi * 16,5^3}{16}} = 30,18 \text{ [MPa]} \quad (2.13)$$

Výpočet přídatného ohybového napětí:

Na obrázku 2.7 je znázorněno rameno $l = 34,5$ mm přídatného ohybového momentu působící na šroub.

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F_s}{3} * l}{\frac{\pi * d_3^3}{32}} = \frac{\frac{15000}{3} * 34,5}{\frac{\pi * 16,5^3}{32}} = 391,14 \text{ [MPa]} \quad (2.14)$$

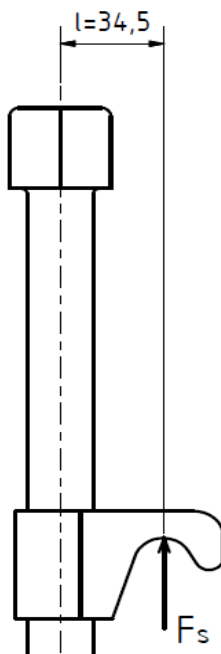
Výpočet redukovaného napětí dle HMM s ohledem na přídatné ohybové napětí:

$$\sigma_{red} = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_o)^2 + 3 * \tau^2} = \sqrt{(23,38 + 391,14)^2 + 3 * 30,18^2} = 417,81 \text{ [MPa]} \quad (2.15)$$

Výpočet součinitel statické bezpečnosti stahováku:

$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_{red}} = \frac{835}{417,81} = 2 \geq 1,5 [-] \quad (2.16)$$

Při zahrnutí přídatného ohybového napětí je výsledná bezpečnost vyšší než minimální dovolená hodnota 1,5. Tudíž při použití tří přípravků na stahování pružiny bude dostatečné.



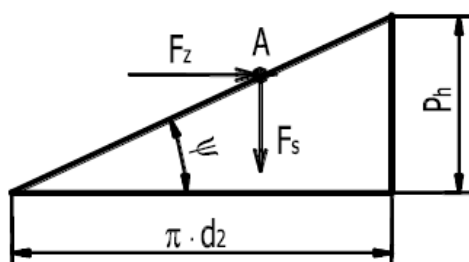
Obr. 2.7 Rameno přídatného ohybového momentu

2.1.7 Účinnost šroubové vazby

Poměr mezi vykonanou prací a prací dodanou je obecně kvalifikované jako účinnost. U šroubové vazby se vykonaná práce kvalifikuje jako práce A_s osově síly ve šroubu a práce dodaná A_z , vykonaná hnací silou působící na dráze odpovídající jedné otáčce. Účinnost šroubové vazby se potom určí ze vztahu (2.17).

$$\eta_s = \frac{A_s}{A_z} = \frac{F_s * P_h}{F_z * \pi * d_2} = \frac{F_s * \operatorname{tg} \psi}{F_z * \operatorname{tg}(\psi + \varphi')} = \frac{\operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg}(\psi + \varphi')} = \frac{\operatorname{tg} 4,67}{\operatorname{tg}(4,67 + 10,6)} = 0,3 [-] \quad (2.17)$$

Po vypočtení šroubové vazby a kontrolou podle obrázku 2.4 je ověřena samosvornost šroubu.



Obr. 2.8 Výpočet účinnosti šroubové vazby [11]

2.2 Návrh délky páky pro manipulaci se stahovákem

Síla lidské paže je v rozmezí $F_{MAX} = (150 - 200)$ N. Výpočet (2.18) vyjadřuje délku páky pro manipulaci s daným stahovákem při použití maximální síly $F_{MAX} = 200$ N. Díky rozložení síly působící od pružiny bude délka páky minimalizovaná, a tím i zajištěna manipulovatelnost v omezeném prostoru blatníku.

$$L_p = \frac{M_k}{F_{MAX}} = \frac{26618,12}{200} = 133,09 \text{ [mm]} \quad (2.18)$$

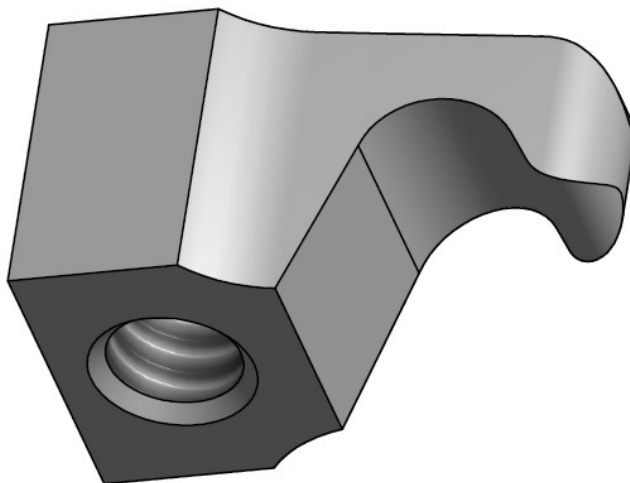
Na stlačování pružiny není potřebné speciální vybavení a lze použít obyčejný nástrčný klíč z gola sady, který je zobrazen na obrázku 2.9. Pro zajištění souměrného stahování všech tří přípravků, není zároveň doporučeno používat pneumatickou pistoli.



Obr. 2.9 Gola sada YATO [15]

2.3 Návrh matice (ramene) stahováku

Pro stlačování pružiny je nutné, aby jedno z ramen stahováku bylo opatřeno závitem s opačným směrem stoupání. Tehdy bude zajištěn posuv ramen proti sobě a dojde ke stlačení pružiny. Od navrženého pohybového šroubu je znám typ závitu Tr 22x5 ČSN 01 4050. Tento typ závitu bude na jednom rameni a druhé bude opatřeno závitem Tr 22x5 LH ČSN 01 4050. Při návrhovém a kontrolním výpočtu matice bude uvažována maximální síla působící od pružiny $F = 15000 \text{ N}$.



Obr. 2.10 Rameno stahováku

2.3.1 Volba materiálu ramene

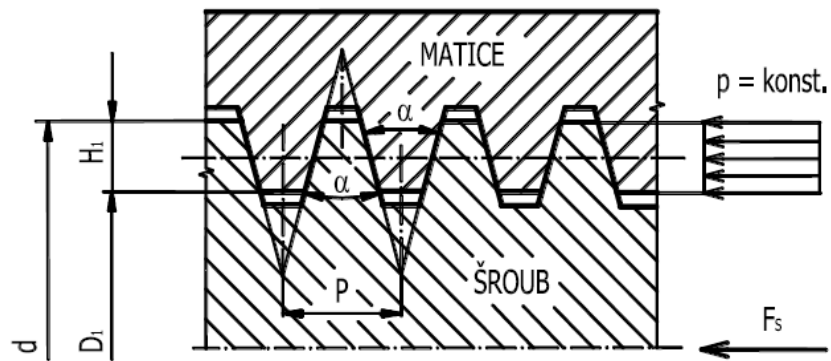
Při volbě materiálu ramene je zvolena ocel s nižší mezí kluzu, než bylo u pohybového šroubu stahováku a to konstrukční nelegovaná ocel ČSN 12 050.1. Tato ocel je dostačující a vyhovuje i zatížení pro maximální sílu $F = 15000 \text{ N}$. Průměr drátu pružiny je $d_t = 18 \text{ mm}$.

Mechanické vlastnosti oceli:

- $R_e = 305 \text{ [MPa]}$
- $R_m = 530 \text{ [MPa]}$
- třída odpadu 002 [-]

2.3.2 Výpočet potřebné výšky matice

Pro určení dostatečné výšky matice bude vycházeno z ohledem na opotřebení závitů pomocí kontroly měrného tlaku v závitech. Při menším tlaku v závitech nedochází k příliš velkému opotřebení závitů. Je uvažováno rovnoměrné rozložení tlaku na všechny závity.



Obr. 2.11 Výpočet matice pohybového šroubu [11]

Výpočet potřebného počtu závitů:

Vychází se s měrného tlaku p_D , který je volen z tabulky 2.2 pro ocelový šroub i matici.

Tab. 2.2 Dovolené měrné tlaky v závitech pohybového šroubu [11]

Šroub	matice	p_D [MPa]
ocelový	ocelová	20
	olovnatý bronz	15
	šedá litina	10

$$z \geq \frac{F}{\pi * d_2 * H_1 * p_D} \geq \frac{15000}{\pi * 19,5 * 2,5 * 20} = 4,9 [-] \quad (2.19)$$

Výpočet nosné hloubky závitů:

$$H_1 = \frac{d - D_1}{2} = \frac{22 - 17}{2} = 2,5 [mm] \quad (2.20)$$

Nosnou hloubku závitů lze také odečíst přímo ze strojnických tabulek [12].

Výpočet výšky matice:

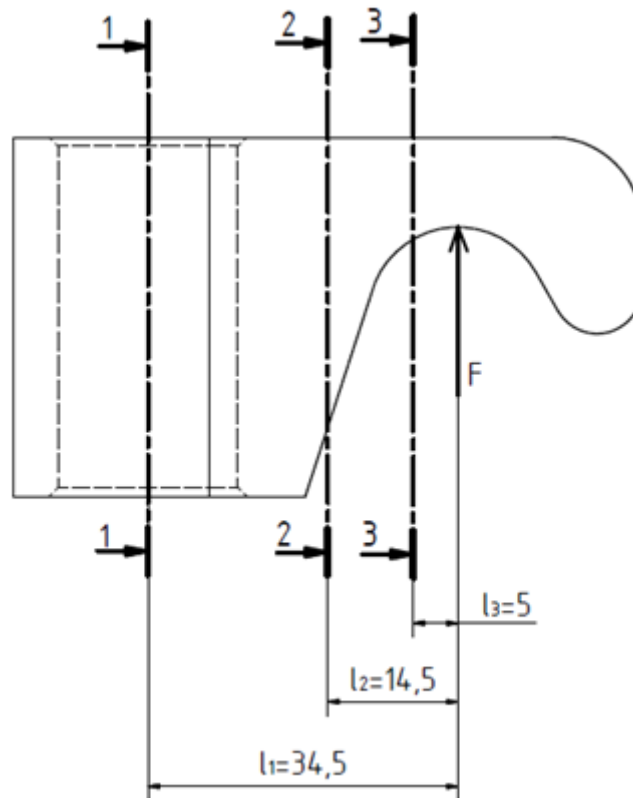
Výška matice se zaokrouhlí na celé číslo.

$$h = z * p = 4,9 * 5 = 24,5 \cong 25 [mm] \quad (2.21)$$

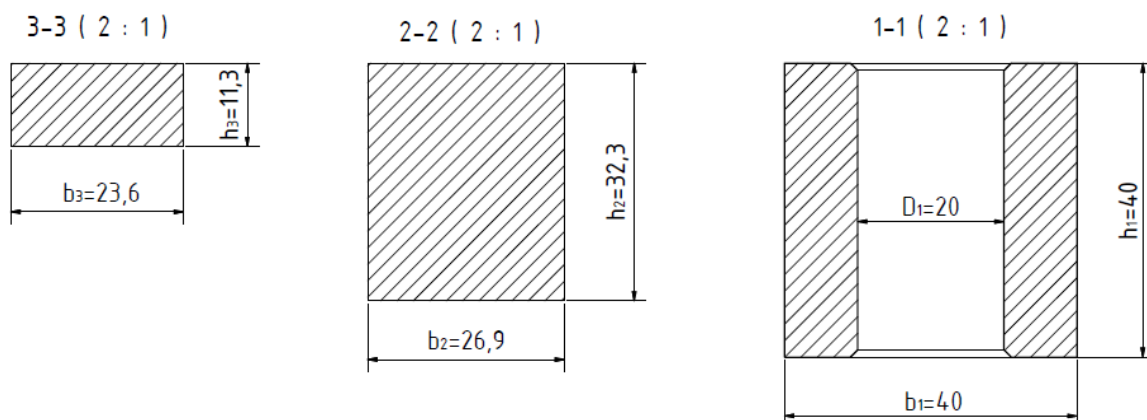
Rameno stahováku je mírně předimenzováno z důvodu použití materiálu s nižší mezí kluzu, a také kvůli bezpečnosti při obsluze. Tudíž výška matice je pouze orientační.

2.3.3 Návrh a kontrola rozměrů ramene stahováku

Kontrola ramene stahováku spočívá ve třech řezech s různými vzdálenostmi od místa, kde pružina dosedá a bude stlačována, tedy v místě největšího zatížení ramene. Jednotlivé vzdálenosti řezů ramene jsou zobrazeny na obrázku 2.12 a kontrolují se na ohybové napětí. Velikost a tvar jednotlivých řezů je potom zobrazen na obrázku 2.13. Součinitel statické bezpečnosti je vyjádřen pro kritický průřez.



Obr. 2.12 Vzdálenosti řezů ramene



Obr. 2.13 Tvarové a rozměrové řešení ramene v průřezech pro $F = 15000 \text{ N}$

Výpočet dovoleného ohybového napětí:

Výpočet vychází z meze kluzu materiálu. Součinitel statické bezpečnosti je volen v rozmezí $k_s = (1,5 - 2,5)$.

$$\sigma_d = \frac{R_e}{k_s} = \frac{305}{2} = 152,5 \text{ [MPa]} \quad (2.22)$$

Kontrola navrženého průřezu 1 – 1:

$$\sigma_{o1} = \frac{M_{o1}}{W_{o1}} = \frac{F * l_1}{\frac{(b_1 - D_1) * h_1^2}{6}} = \frac{15000 * 34,5}{\frac{(40 - 20) * 40^2}{6}} = 97,03 \text{ [MPa]} < \sigma_d \quad (2.23)$$

Kontrola navrženého průřezu 2 – 2:

$$\sigma_{o2} = \frac{M_{o2}}{W_{o2}} = \frac{F * l_2}{\frac{b_2 * h_2^2}{6}} = \frac{15000 * 14,5}{\frac{26,9 * 32,3^2}{6}} = 46,5 \text{ [MPa]} < \sigma_d \quad (2.24)$$

Kontrola navrženého průřezu 3 – 3:

$$\sigma_{o3} = \frac{M_{o3}}{W_{o3}} = \frac{F * l_3}{\frac{b_3 * h_3^2}{6}} = \frac{15000 * 5}{\frac{23,6 * 11,3^2}{6}} = 149,33 \text{ [MPa]} < \sigma_d \quad (2.25)$$

Dílkí ohybové napětí nepřekračuje ani v jednom řezu dovolené napětí σ_D , tudíž rameno stahováku je navrženo tak, aby nedošlo k poškození pružiny, tlumiče či ujmě na zdraví při obsluze a je dimenzováno na maximální zatížení $F = 15000 \text{ N}$. Nejvyšší hodnota ohybového napětí dosahuje v průřezu 3 – 3 a to $\sigma_{o3} = 149,33 \text{ MPa}$, a pro tento průřez bude vyjádřena výsledná statická bezpečnost ramene k_s .

Výpočet výsledné statické bezpečnosti v průřezu 3 – 3:

$$\sigma_{o3} = \frac{R_e}{k_s} \rightarrow k_s = \frac{R_e}{\sigma_{o3}} = \frac{305}{149,33} = 2 \geq 1,5 [-] \quad (2.26)$$

Vyjádřením statické bezpečnosti v kritickém průřezu 3 – 3 je zřejmé, že nenabývá limitní hodnotu.

2.4 Omezený prostor mezi blatníkem vozidla

Použití stahováku v omezeném prostoru blatníku vozidla, bylo řešeno pomocí správného typu konstrukce přípravku. Samozřejmě každé vozidlo má jiné rozměry a dalo by se využít i mobilního hydraulického přípravku. Pro praktické využití na kterémkoliv vozidle byl navržen právě tento přípravek na stlačování pružin. Na obrázku 2.14 je vidět omezený prostor na vozidle typu Peugeot 106. I na tomto automobilu by bylo možné tento typ stahováku využít, i když se jedná o minimální manipulační prostor kolem pružiny.



Obr 2.14 Omezený prostor na vozidle Peugeot 106

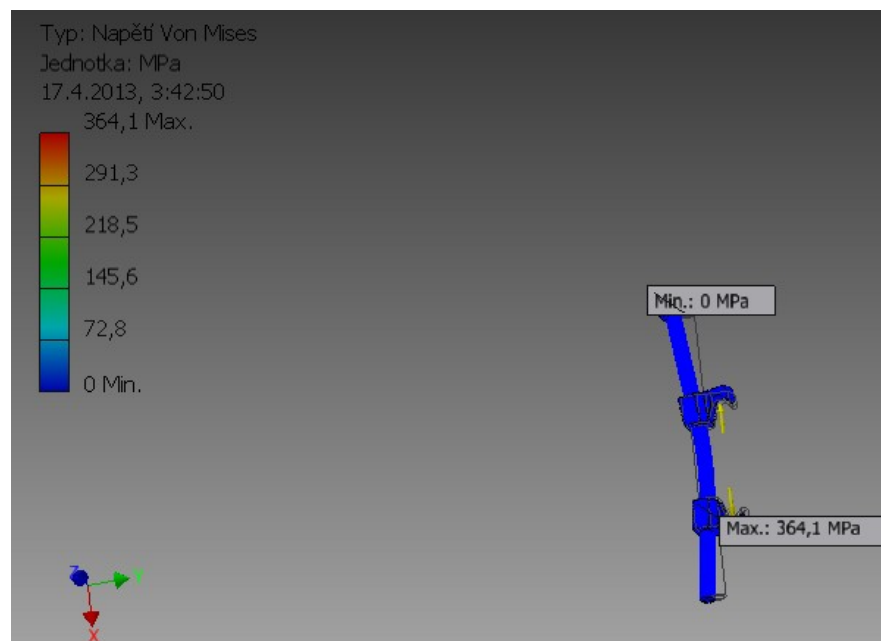


Obr. 2.15 Tlumící člen vozidla Peugeot 106 s přípravkem

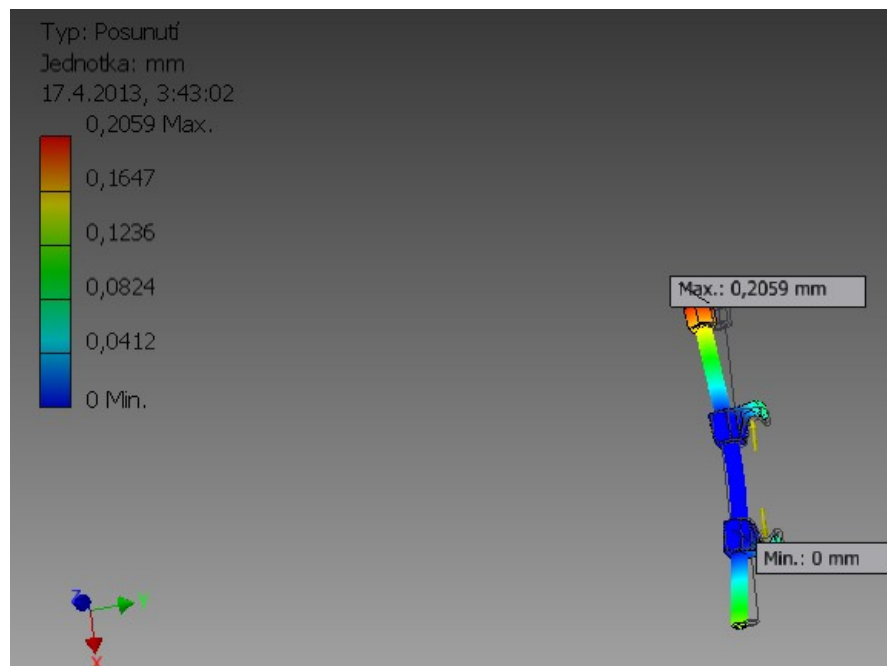
2.5 Porovnání výsledků s MKP

Metoda konečných prvků byla aplikována na vybraném typu přípravku na stahování vinuté pružiny. Pomocí softwaru Inventor bylo zjištěno redukované napětí při zatížení silou $F = 5000 \text{ N}$ a simulován stav při maximálním možném stlačení pružiny. Při zadávání kinetických a silových okrajových podmínek je zde započítané také přídavné ohybové napětí. Výsledné hodnoty byly posouzeny a liší se o 50 MPa . Na obrázku 2.17 je vidět maximální vyhnutí stahováku při tomto zatížení a činí $x = 0,21 \text{ mm}$.

- Výpočtem: $\sigma_{\text{red}} = 417,81 \text{ [MPa]}$
- Pomocí MKP: $\sigma_{\text{red}} = 364,1 \text{ [MPa]}$



Obr. 2.16 Redukované napětí dle HMM pomocí MKP



Obr. 2.17 Maximální vyhnutí stahováku pomocí MKP

3 Závěr

Bakalářská práce řešila výběr vhodného typu přípravku na stahování vinuté pružiny odpružení osobního vozidla s maximální silou tlaku pružiny $F = 15000 \text{ N}$. Po shrnutí nabídky výrobků na trhu bylo zřejmé výběr jednoduchého mobilního stahováku mechanického. Tento typ byl zvolen také z hlediska využití v omezeném prostoru vozidla v blatníkové části. Pro zajištění stlačení pružiny maximálně 300 mm byl řešen pohybový šroub stahováku. Pro tento šroub je volen materiál s vyšší mezí kluzu.

Po předběžném návrhu šroubu je dále vypočteno redukované napětí zatím bez ohledu na přídatné ohybové napětí. Výsledná statická bezpečnost vyšla v daném intervalu za vyhovující. Problém nastal při zahrnutí přídatného ohybového napětí, a to z důvodu příliš velkého zatížení od stlačení pružiny.

Proto je voleno použití tří takto navržených stahováků, která však musíme souměrně zatěžovat, aby nedošlo k poškození přípravku. Po použití tří stahováků je daná síla od stlačení pružiny rozložena a výpočet výsledné statické bezpečnosti s ohledem na přídatné ohybové napětí je opět vyhovující. Tento fakt umožňuje také zkrácení délky utahovacího klíče a možnost využít těchto přípravků ve výše zmíněném omezeném prostoru. Při návrhu ramene stahováku je opět volen materiál s nižší mezí kluzu.

Po vypočtení předběžných rozměrů se pokračuje v kontrolních výpočtech, a to na ohybové napětí ve třech řezech. Všechny průřezy ramene vyšly menší než dovolené napětí. Rameno stahováku je navrženo pro maximální zatěžující sílu s ohledem na bezpečnost při obsluze tohoto přípravku.

4 Seznam použité literatury

- [1] Stahovák vinutých pružin. *Vybavení pro dílnu, dům i zahradu* [online]. © 1996 - 2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.uni-max.cz/stahovak-vinutych-pruzin/d/>
- [2] Univer. stah. pružin USP 1000. *Vybavení pro dílnu, dům i zahradu* [online]. © 1996 - 2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.uni-max.cz/univer-stah-pruzin-usp-1000/d/>
- [3] Talířový stahovák pružin – sada. *Vybavení pro dílnu, dům i zahradu* [online]. © 1996 - 2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.uni-max.cz/talirovy-stahovak-pruzin-sada-SC1801/d/>
- [4] Hydraulický stahovák pružin T02. *Vybavení pro dílnu, dům i zahradu* [online]. © 1996 - 2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.uni-max.cz/hydraulicky-stahovak-pruzin-t02/d/>
- [5] Hydraulický stahovák pružin BTCJ. *Vybavení pro dílnu, dům i zahradu* [online]. © 1996 - 2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.uni-max.cz/hydraulicky-stahovak-pruzin-btcj/d/>
- [6] Hydraulický stlačovač pružin stojanový 4t - Automotive. *Vybavte si autoservis, dílnu nebo garáž - hydraulika, nářadí a mnohem více!* [online]. © 2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.e-automotive.cz/hydraulicke-stahovaky-pruzin/hydraulicky-stlacovac-pruzin-stojanovy-4t-automotive-p-152011.html?cPath=202817>
- [7] 1550/1 - Vzduchový kompresor pro pružiny tlumičů MacPherson jím podobné, včetně příslušenství. *Italmec s.r.o.* [online]. © 2007 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.naradi-beta.cz/rucni-naradi/stahovaky/1550-1-vzduchovy-kompresor-pro-pruziny-tlumicu-macpherson-jim-podobne-vcetne-prislusenstvi.php>
- [8] 110.50 Stahovák pružin TFH100. *FERDUS.cz - vybavení auto a pneuservisů: vyvažovačky, zouvačky, závaží, ventily* [online]. © 2010 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.ferdus.cz/zbozi/725-11050-stahovak-pruzin-tfh100>
- [9] Mobilní jednosloupový zvedák IKOTEC 3000. *Vybavení autoservisů, vybavení pneuservisů* [online]. © 2012 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.autoservisnitechnika.cz/zvedaky/jednosloupove-zvedaky/mobilni-jednosloupove-zvedak-ikotec-3000-sitem.html>
- [10] Nástavce pro stahování pružin tlumičů MKMP. *Vybavení autoservisů, vybavení pneuservisů* [online]. © 2012 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.autoservisnitechnika.cz/zvedaky/jednosloupove-zvedaky/prislusenstvi-pro-icotec-3000/nastavce-pro-stahovani-pruzin-tlumicu-mkmp-sitem.html>

- [11] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007, 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [12] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008, xiv, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [13] *NÁVRH RUČNÍHO ŠROUBOVÉHO STAHOVÁKU*. Ostrava, 2012. Návod do cvičení. VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA.
- [14] Stahovák vinutých pružin. *Luboš Třmínek - osobní stránky* [online]. 19.12.2010 [cit. 2013-05-17].
Dostupné z: <http://lubos.trminek.cz/view.php?cisloclanku=2008050005>
- [15] Gola sada Yato 3/8", 22 ks, velikost XS - YT-3856. *Nakupka.cz* [online]. © 2000 - 2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.nakupka.cz/vyrobek/gola-sada-yato-3-8-22-ks-velikost-xs-yt-3856/>

Poděkování

Poděkování patří mému vedoucímu bakalářské práce pánovi Ing. Danielu Pišťáčkovi, Ph.D. za ochotu a odbornou pomoc při vypracování této bakalářské práce.